

НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ

Промышленное получение металлов и сплавов с помощью электрического тока в специальных агрегатах (в сталеплавильных электропечах, в рудотермических печах, в агрегатах электрохимических производств и др.) относится к технико-технологической отрасли, называемой общим понятием «электрометаллургия». По существу, в электрометаллургическом производстве используют сложные электротермические и электрохимические процессы.

Электротермические процессы используются для извлечения металлов из руд и концентратов, производства и рафинирования чёрных и цветных металлов и сплавов на их основе (плавка стали в дуговых и индукционных печах, спецэлектрометаллургия, рудовосстановительная плавка, включающая производство ферросплавов, выплавку чугуна в шахтных электропечах, получение никеля, олова и других металлов). Электрохимические процессы распространены в производстве чёрных и цветных металлов на основе электролиза водных растворов и расплавленных сред (процессы осаждения металлов на поверхность металлических и неметаллических изделий)⁴⁹.

Развитие электрометаллургии, особенно на начальном этапе, в первую очередь, было тесно связано с развитием электроэнергетики, электротехнологии и успехами экспериментальной науки (химии и физики) XVIII – XIX вв. Именно в данный исторический период, в том числе и благодаря промышленной революции, начались новые процессы во взаимодействии науки и техники, науки и производства.

Прежде всего, это касалось постепенного сближения научной и технической отраслей жизнедеятельности общества, а также возникновения необходимости научных исследований и научной обоснованности новационных технико-технологических решений, инженерного творчества и внедрения изобретений в промышленное производство, и наконец, четкого обособления технических наук с собственной предметностью и задачами практического, прикладного характера (энергетика, электротехника, электроэнергетика, теплотехника, теплоэнергетика, электрометаллургия и др.).

В течение второй половины XVIII – XIX вв. в процессе научных исследований, имеющих теоретическую и практическую направленность, учеными разных стран были сделаны важные научные открытия, давшие толчок для возникновения и развития электрометаллургии. Это работы таких знаменитых ученых, как итальянского естествоиспытателя, физика и химика Алессандро Вольты (1745 – 1827) – гальваническая батарея, как первый химический источник постоянного тока (1799); немецкого физика Георга Симона Ома (1789 – 1854) – основной закон электрической цепи, связывающий между собой силу тока, напряжение и сопротивление (1826); английского физика-экспериментатора и химика Майкла Фарадея (1791 – 1867) – явление электромагнитной индукции

⁴⁹ Электрометаллургия // Большая советская энциклопедия / Гл. ред. академика А.М. Прохорова. – 3-е изд., в 30 т. – М.: Советская энциклопедия. 1969 – 1978. Т. 29. 1978.

(1831) и законы электролиза (1833 – 1834); английского физика Джеймса Клерка Максвелла (1831 – 1879) – теория электромагнитного поля (1860 – 1865); английского ученого-самоучки, математика, физика и инженера Оливера Хэвисайда (1850 – 1925) – теоретические основы индукционного нагрева металлов (1884) и многих других.

Впервые возможность использования «электрических искр» для плавления металлов еще в 1753 г. отметил российский физик, академик Российской академии наук Георг Вильгелм Рихман (1711 – 1753), занимавшийся исследованием атмосферного электричества. Он экспериментально изучал электризацию и электропроводность тел, в 1748 – 1751 гг. открыл явление электростатической индукции⁵⁰.

В 1782 г. немецкий ученый-физик и публицист Георг Кристоф Лихтенберг (1742 – 1799) исследовал искровой разряд на границе раздела твёрдого диэлектрика и газа. Лихтенберг сообщил о том, что с помощью искрового разряда ему удалось расплавить и соединить тонкие стальные пластинки и проволоочки. Как ученый, Лихтенберг прославился лекциями по экспериментальной физике, которые пояснял опытами при помощи им самим усовершенствованных аппаратов, и открытием электрических фигур, названных его именем (лихтенберговые)⁵¹.

В 1801 г. французский химик, член Парижской Академии наук (1810) и её Президент (1823) Луи Жак Тенар (1777 – 1857) установил, что платиновая проволока нагревается электрическим током⁵².

Российский физик-электротехник, академик Петербургской Академии наук Василий Владимирович Петров (1761 – 1834) построил «огромную наипаче» гальваническую батарею, состоявшую из 2100 медно-цинковых элементов, электродвижущая сила которой была около 1700 вольт. Он произвел исследование свойств этой батареи как источника электрического тока и убедительно показал, что ее действие основано на химических процессах, происходящих между металлами (медь – цинк) и электролитом. В 1802 г. с помощью своей батареи он обнаружил явление электрической дуги. В 1803 г. была издана книга Петрова В.В. «Известие о гальвани-вольтовых опытах», содержащая подробное описание его исследований в области электричества. Своими опытами Петров показал возможность практического применения электрической дуги для целей освещения и плавления металлов, а также восстановления металлов из их окислов⁵³.

Шесть лет спустя опыт Петрова В.В. по получению Вольтовой дуги повторил английский физик и химик сэр Дэви Гемфри (1778 – 1829)⁵⁴, а в 1810 г. он провёл экспериментальную демонстрацию явления элек-

⁵⁰ Технология электрической сварки плавлением. / Г.Г. Чернышов. – 2-е изд., перераб. – М.: «Академия», 2010. – 496 с. С. 4.

⁵¹ Лихтенберг Георг Кристоф / Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона. – С.-Пб.: Брокгауз-Ефрон. 1890 – 1907.

⁵² Краткая история легирования стали и ферросплавного производства. С. 33 // Режим доступа: <http://www.urm-company.ru/images/docs/steel-alloying-history.pdf>

⁵³ Большая биографическая энциклопедия. 2009. Онлайн-словарь. Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_biography/100382/%D0%9F%D0%B5

⁵⁴ Могилевский Б.Л. Гемфри Деви. М.: 1937. С. 67.

трической дуги, возникавшей между двумя кусками угля, соединенными с полюсами батареи⁵⁵.

В 1842 г. российский физик и электротехник, академик Петербургской Академии наук Эмилий Христианович Ленц (1804 – 1865) экспериментально обосновал закон теплового действия электрического тока и теоретически описал это явление в работе «О законах выделения тепла гальваническим током», независимо от английского физика Джоуля Джеймса Прескота (1818 – 1889) (Закон Джоуля – Ленца)⁵⁶.

Патент на первую электротермическую печь был получен в 1853 г. французским химиком Л.-А. Пишоном. Конструкция этой печи в какой-то мере является прототипом электродуговых печей, которые нашли практическое применение в конце XIX в. Основным элементом печи Л.-А. Пишона были две пары горизонтально расположенных электродов, между которым возбуждалась электрическая дуга. Смесь руды и угля пропускали через зону горения дуги, температура которой составляла 3000 – 3500° С. Восстановленный углеродом металл плавился и собирался на поду электрической печи⁵⁷. Печь Л.-А. Пишона не нашла практического использования, так как генераторы вырабатывали недостаточное количество электроэнергии для обеспечения нормального хода металлургического процесса.

Электрические печи (плавильные, нагревательные) относятся к электротехнологическим установкам. По способу преобразования электрической энергии в тепловую различают следующие типы электрических печей: дуговые печи, индукционные печи, электрические печи сопротивления, электроннолучевые печи; установки диэлектрического нагрева. В состав электрических печей, как электротехнологических установок, входят собственно электрические печи, силовое электрооборудование (электropечной трансформатор, выпрямитель, генератор повышенной частоты, ламповый генератор и т.п.), вспомогательное электрооборудование (дрессель, балластное сопротивление, конденсатор, анодный выпрямитель и т.п.), коммутационная аппаратура (выключатель, разъединитель и т.п.), контрольно-измерительные приборы, пирометрическая аппаратура, система автоматического регулирования⁵⁸.

Создание электрических печей являлось сложным технико-технологическим процессом с привлечением научных знаний, что характеризует начало тесного взаимодействия ученых и инженеров, а порой ученый и инженер был одним человеком.

В XIX в. были осуществлены разработки электротехнологических установок различного назначения, как чисто исследовательских, так и имеющих промышленное применение. В частности, французский инженер и физик, член Парижской академии наук Марсель Депре (1843 –

⁵⁵ Аликберова Л. Дэви Гемфри. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия «Кругосвет» // Режим доступа: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/DEVI_GEMFRI.html

⁵⁶ Ленц Эмилий Христианович. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия «Кругосвет» // Режим доступа: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/LENTS_EMILI_HRISTIANOVICH.html

⁵⁷ Становление и развитие электрометаллургии // Техника в ее историческом развитии (70-е гг. XIX — начало XX вв.) / Отв. ред.: С.В. Шухардин, Н.К. Ламан, А.С. Федоров. – М.: Издательство «Наука», - 1982 // Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-185-tehnika/67.htm>

⁵⁸ Электрическая печь // Большая советская энциклопедия. Т. 29. 1978.

1918) – исследование технологических свойств электрической дуги, печь сопротивления и дуговая печь (1849); немецкий инженер и промышленник Карл-Вильгельм Сименс (1823 – 1883) – дуговые печи прямого и косвенного действия (1879); английский ученый Оливер Хэвисайд и российский инженер-изобретатель Николай Гаврилович Славянов (1854 – 1897) – дуговая электросварка металла (1884 – 1888); английский ученый, электротехник С.П. Томпсон и английский инженер-электрик Себастьян Ферранти (1864 – 1930) – теория и практика индукционного нагрева и плавки (1887 – 1892); американский электротехник Ч.С. Брайли – гарниссажная печь (1883); американские инженеры А. и Е. Коулесс – резистивные рудовосстановительные печи прямого нагрева (1884); французский металлург Поль Луи Туссен Эру (1863 – 1914) и американский инженер-химик Чарльз Мартин Холл (1863 – 1914) – электролизные ванны (1886) и др.⁵⁹

В 90-е гг. XIX в. проекты электропечей постоянно совершенствовались. Французский химик, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук Анри Муассан (1852 – 1907) в 1892 г. приступил к исследованию тугоплавких металлов и неорганических соединений при высоких температурах. В этом же году он сконструировал, а затем ввел в исследовательскую практику электродуговые печи для изучения свойств твердого тела в области высоких температур. Муассан синтезировал множество карбидов, боридов и силицидов металлов, изучил их механические, физические и химические свойства. Впервые он синтезировал гидриды ряда металлов. Электротермическим путем он получил в чистом виде молибден (1895), уран (1896), вольфрам (1897) и другие тугоплавкие металлы⁶⁰. Он также доказал, что в электрической дуге любые металлы не только плавятся, но и испаряются.

Изобретение в 1891 г. российским ученым-электротехником Михаилом Осиповичем Доливо-Добровольским (1862 – 1919) трехфазного электрического тока сделало возможным строительство трехфазных электрических печей.

В 1898 г. в Италии инженер-металлург Эрнесто Стассано (1859 – 1922) разработал и построил электропечь, похожую по своей конструкции на доменную печь, в горне которой размещалось два угольных электрода. Изобретатель получил железо непосредственно из руды, минуя стадию получения чугуна. Однако, для этого требовалась очень чистая руда и точное соблюдение режимов. Со временем электропечи Стассано были переоборудованы для выплавки стали из скрапа. Это были первые промышленные дуговые печи косвенного действия⁶¹.

В 1901 г. российский инженер-металлург, профессор Василий Петрович Ижевский (1863 – 1926) в процессе ряда экспериментов создал «русскую печь» для плавки металлов (сначала электропечь лаборатор-

⁵⁹ Боякова Т.А., Бояков С.А. История электротехники и электроэнергетики. Версия 1.0: электронное учебное пособие. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. С. 136.

⁶⁰ Муассан Анри // Большая советская энциклопедия. Т. 17. 1974.

⁶¹ Становление и развитие электрометаллургии // Техника в ее историческом развитии (70-е гг. XIX — начало XX вв.) / Отв. ред.: С.В. Шухардин, Н.К. Ламан, А.С. Федоров. – М.: Издательство «Наука», - 1982 // Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-185-tehnika/67.htm>

ного типа для плавки металлов и термообработки, а затем электропечь сопротивления).

К началу XX в. были созданы прототипы современных электродуговых печей, которые нашли свое применение при производстве высококачественных металлов. Недостаток и дороговизна электроэнергии сдерживали развитие электрометаллургии. В течение длительного времени электропечи использовались главным образом для производства высококачественных высоколегированных марок стали.

Эффективное развитие и применение электрических печей, как электротехнологических установок, стало возможным лишь с переходом от химических источников питания к источникам питания, основанным на законе электромагнитной индукции, т.е. с созданием мощных генераторов и увеличением производства электроэнергии в конце XIX – начале XX вв. С этого времени стали развиваться различные виды электротехнологических установок для осуществления разнообразных технологических процессов, в частности для получения и обработки качественных сталей, цветных и тугоплавких металлов и других материалов⁶².

Исторически развитие металлургии тесно связано с научно-техническим прогрессом в целом. История электрометаллургического производства начинается в XIX в. Именно в XIX в. были созданы процессы и агрегаты для электрометаллургического производства, лежащие в основе металлургического производства и в настоящее время.

⁶² Боякова Т.А., Бояков С.А. История электротехники и электроэнергетики. С. 136.